

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5728029号  
(P5728029)

(45) 発行日 平成27年6月3日(2015.6.3)

(24) 登録日 平成27年4月10日(2015.4.10)

(51) Int.Cl.	F 1
GO 1 P 15/125	(2006.01)
GO 1 P 15/08	(2006.01)
GO 1 R 33/02	(2006.01)
B 8 1 B 3/00	(2006.01)
HO 1 L 29/84	(2006.01)
GO 1 P	15/125
GO 1 P	15/08
GO 1 R	33/02
B 8 1 B	3/00
HO 1 L	29/84

請求項の数 10 (全 21 頁)

(21) 出願番号	特願2012-552915 (P2012-552915)
(86) (22) 出願日	平成23年2月7日(2011.2.7)
(65) 公表番号	特表2013-519880 (P2013-519880A)
(43) 公表日	平成25年5月30日(2013.5.30)
(86) 國際出願番号	PCT/US2011/023927
(87) 國際公開番号	W02011/100199
(87) 國際公開日	平成23年8月18日(2011.8.18)
審査請求日	平成26年1月17日(2014.1.17)
(31) 優先権主張番号	12/703,516
(32) 優先日	平成22年2月10日(2010.2.10)
(33) 優先権主張国	米国(US)

(73) 特許権者	591245473 ロベルト・ボッシュ・ゲゼルシャフト・ミ ト・ベシュレンクテル・ハフツング ROBERT BOSCH GMBH ドイツ連邦共和国デー-70442 シュ トゥットガルト, ヴェルナー・シュトラ セ 1
(74) 代理人	100140109 弁理士 小野 新次郎
(74) 代理人	100075270 弁理士 小林 泰
(74) 代理人	100096013 弁理士 富田 博行

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 改良された慣性要素を利用する微小電子機械の磁界センサ

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

基板と、

前記基板から上方へ延在する第1の枢動軸と、

前記基板の上に延在する第1の前後軸を有し、第1の枢動軸線のまわりを枢動するよう  
に前記第1の枢動軸に対して枢動可能に取り付けられた第1のレバーアームと、前記基板上の、前記第1のレバーアームの第1のキャパシタ部分の下の位置に形成され  
た第1のキャパシタ層と、前記基板上の、前記第1のレバーアームの第2のキャパシタ部分の下の位置に形成され  
た第2のキャパシタ層であって、前記第1の枢動軸が、前記第1のレバーアームを、前記  
第1のキャパシタ部分と前記第2のキャパシタ部分の間の位置で前記第1の前後軸に沿っ  
て支持する、第2のキャパシタ層と、前記第1の前後軸にわたって延在し、前記第1の枢動軸線から離隔された第1の導体部  
材と

を備え、

前記第1のキャパシタ部分が、前記第1の枢動軸線から第1の距離だけ離隔され、

前記第2のキャパシタ部分が、前記第1の枢動軸線から第2の距離だけ離隔され、

前記第1の距離が前記第2の距離より大きい、

微小電子機械システム(MEMS)。

## 【請求項 2】

請求項 1 に記載の M E M S において、  
前記第 1 の導体部材が、前記第 1 のレバーアームの上部面上に配置される、  
M E M S。

**【請求項 3】**

請求項 2 に記載の M E M S において、  
第 1 の電気的バイアス接続、  
第 2 の電気的バイアス接続、  
前記第 1 の電気的バイアス接続と前記第 1 の導体部材とを電気的に結合するように、前記第 1 の電気的バイアス接続と前記第 1 の導体部材の第 1 の端部との間に延在する第 1 のバイア、および  
10

前記第 2 の電気的バイアス接続と前記第 1 の導体部材とを電気的に結合するように、前記第 2 の電気的バイアス接続と前記第 1 の導体部材の第 2 の端部との間に延在する第 2 のバイアを  
さらに備える M E M S。

**【請求項 4】**

請求項 1 に記載の M E M S において、  
命令指示が記憶されているメモリと、  
前記命令指示を実行して、  
前記第 1 のキャパシタ層と前記第 1 のキャパシタ部分の間の第 1 の電圧差を取得し、  
前記第 2 のキャパシタ層と前記第 2 のキャパシタ部分の間の第 2 の電圧差を取得し、  
前記第 1 の電圧差と前記第 2 の電圧差の間の差に基づいて、前記第 1 の前後軸に沿つ  
て広がる第 1 の磁界の強度に関連した出力をもたらすように構成されたプロセッサと  
をさらに備える M E M S。  
20

**【請求項 5】**

請求項 4 に記載の M E M S において、  
前記プロセッサが、前記命令指示を実行して、  
前記第 1 の電圧差と前記第 2 の電圧差の和に基づいて、前記第 1 のレバーアームの前記  
基板に向かう加速度に関連した出力をもたらすようにさらに構成されている、  
M E M S。  
30

**【請求項 6】**

請求項 1 に記載の M E M S において、  
前記第 1 のレバーアームが、  
前記第 1 の枢動軸に枢動可能に取り付けられたベース部分と、  
前記ベース部分と前記第 1 のキャパシタ部分の間に延在する第 1 のばねアーム部分と、  
前記ベース部分と前記第 2 のキャパシタ部分の間に延在する第 2 のばねアーム部分とを  
さらに備える、  
M E M S。  
30

**【請求項 7】**

請求項 1 に記載の M E M S において、  
前記基板から上方へ延在する第 2 の枢動軸と、  
前記基板上に延在する第 2 の前後軸を有し、第 2 の枢動軸線のまわりを枢動するように  
前記第 2 の枢動軸に対して枢動可能に取り付けられた第 2 のレバーアームと、  
前記基板上の、前記第 2 のレバーアームの第 3 のキャパシタ部分の下の位置に形成され  
た第 3 のキャパシタ層と、  
前記基板上の、前記第 2 のレバーアームの第 4 のキャパシタ部分の下の位置に形成され  
た第 4 のキャパシタ層であって、前記第 2 の枢動軸が、前記第 2 のレバーアームを、前記  
第 3 のキャパシタ部分と前記第 4 のキャパシタ部分の間の位置で前記第 2 の前後軸に沿つ  
て支持する、第 4 のキャパシタ層と、  
前記第 2 の前後軸にわたって延在し、前記第 2 の枢動軸線から離隔された第 2 の導体部  
材と  
40  
50

をさらに備えるMEMS。

**【請求項8】**

請求項7に記載のMEMSにおいて、  
前記第2の前後軸が、前記第1の前後軸に対して垂直である、  
MEMS。

**【請求項9】**

請求項7に記載のMEMSにおいて、  
前記第2の前後軸が、前記第1の前後軸に対して平行である、  
MEMS。

**【請求項10】**

10  
基板と、  
前記基板から上方へ延在する第1の枢動軸と、  
前記基板の上に延在する第1の前後軸を有し、第1の枢動軸線のまわりを枢動するよう  
に前記第1の枢動軸に対して枢動可能に取り付けられた第1のレバーアームと、  
前記基板上の、前記第1のレバーアームの第1のキャパシタ部分の下の位置に形成され  
た第1のキャパシタ層と、  
前記基板上の、前記第1のレバーアームの第2のキャパシタ部分の下の位置に形成され  
た第2のキャパシタ層であって、前記第1の枢動軸が、前記第1のレバーアームを、前記  
第1のキャパシタ部分と前記第2のキャパシタ部分の間の位置で前記第1の前後軸に沿っ  
て支持する、第2のキャパシタ層と、

20  
前記第1の前後軸にわたって延在し、前記第1の枢動軸線から離隔された第1の導体部  
材と、

命令指示が記憶されているメモリと、  
前記命令指示を実行して、  
前記第1のキャパシタ層と前記第1のキャパシタ部分の間の第1の電圧差を取得し、  
前記第2のキャパシタ層と前記第2のキャパシタ部分の間の第2の電圧差を取得し、  
前記第1の電圧差と前記第2の電圧差の間の差に基づいて、前記第1の前後軸に沿っ  
て広がる第1の磁界の強度に関連した出力をもたらすように構成されたプロセッサと、  
を備え、

30  
前記プロセッサが、前記命令指示を実行して、  
前記第1の電圧差と前記第2の電圧差の和に基づいて、前記第1のレバーアームの前記  
基板に向かう加速度に関連した出力をもたらすようにさらに構成されている、  
微小電子機械システム(MEMS)。

**【発明の詳細な説明】**

**【技術分野】**

**【0001】**

[0001]本発明は、一般に磁界の強さおよび方向を測定するのに使用されるデバイスに関し、より具体的には、面内磁界を感知するように改良された慣性感知素子に関する。

**【背景技術】**

**【0002】**

[0002]慣性感知および磁界感知は、様々な異なる用途で有用である。さらに、微小電子機械システム(MEMS)を使用する慣性感知素子を含むものには、例えばビデオゲーム用の付属装置および付属装置の方向転換を決定するためのナビゲーションシステムといった新規の用途が頻繁に見つかっている。MEMSは、これらの用途に対する廉価な解決策を小さなパッケージで提供する。したがって、多くのMEMSベースの慣性感知素子が、動いている物体の指向的加速度を求めるための感度を高めるのに使用され得る。

**【0003】**

[0003]従来技術では、固定電極に対して反対側に配置された可動電極を含むサイズミックマスを使用すると、キャパシタを形成し得ることが示されている。加速度ベクトルに起因する慣性力による可動電極の運動が、静電容量の変化をもたらすことができる。静電容

10

20

30

40

50

量の変化が測定され、加速度に相関づけられ得る。

**【0004】**

[0004]同様に、垂直磁界を、磁界の大きさを求めるために測定され得る電気的特性の変化に相関づけることができる様々なセンサが知られている。しかし、従来技術で提供される解決策は、センサの表面と平行な磁界を効果的に測定するのに必要な感度が不足する、またはセンサの表面に対して垂直な加速度ベクトルを測定するのに必要な感度が不足する。

**【発明の概要】**

**【発明が解決しようとする課題】**

**【0005】**

[0005]センサの接線に沿って働く磁界を効果的に感知し、かつセンサに対して垂直な加速度ベクトルを感知するためのMEMSベースのセンサを提供する必要性がある。

**【課題を解決するための手段】**

**【0006】**

[0006]一実施形態によれば、微小電子機械システム(MEMS)が開示される。このMEMSは、基板と、基板から上方へ延在する第1の枢動軸と、基板上に延在する第1の前後軸を有し、第1の枢動軸線のまわりを枢動するよう第1の枢動軸に対して枢動可能に取り付けられた第1のレバーアームと、基板上の、第1のレバーアームの第1のキャパシタ部分の下の位置に形成された第1のキャパシタ層と、基板上の、第1のレバーアームの第2のキャパシタ部分の下の位置に形成された第2のキャパシタ層であって、第1の枢動軸が、第1のレバーアームを、第1のキャパシタ部分と第2のキャパシタ部分の間の位置で第1の前後軸に沿って支持する、第2のキャパシタ層と、第1の前後軸にわたって延在し、第1の枢動軸線から離隔された第1の導体部材とを含む。

**【0007】**

[0007]別の実施形態では、微小電子機械システム(MEMS)を形成する方法が開示される。この方法は、基板を設けるステップと、基板から上方へ延在する第1の枢動軸を形成するステップと、基板上に延在する第1の前後軸を有し、第1の枢動軸線のまわりを枢動するよう第1の枢動軸に対して枢動可能に取り付けられる第1のレバーアームを形成するステップと、基板上の、第1のレバーアームの第1のキャパシタ部分の下に選択された位置において、第1のキャパシタ層を形成するステップと、基板上の、第1のレバーアームの第2のキャパシタ部分の下に選択された位置であって、第1の枢動軸が、第1のレバーアームを、第1のキャパシタ部分と第2のキャパシタ部分の間で第1の前後軸に沿って支持するよう選択された位置において、第2のキャパシタ層を形成するステップと、第1の前後軸にわたってある位置で延在し、第1の枢動軸線から離隔されるように第1の導体部材を形成するステップとを含む。

**【0008】**

[0008]当業者には、以下の詳細な説明および添付図面を参照することにより、前述の特徴および利点ならびに他の特徴および利点が、より容易に明らかになるであろう。

**【図面の簡単な説明】**

**【0009】**

**【図1】**[0009]微小電子機械センサを含む微小電子機械システム(MEMS)のブロック図である。

**【図2】**[0010]一実施形態によるMEMSセンサの斜視図である。

**【図3】**[0011]図2に示されたMEMSセンサの側面図である。

**【図4】**[0012]一実施形態によるMEMSセンサの斜視図である。

**【図5】**[0013]一実施形態による、MEMSセンサを製作するための製作ステップを示す図である。

**【図6】**一実施形態による、MEMSセンサを製作するための製作ステップを示す図である。

**【図7】**一実施形態による、MEMSセンサを製作するための製作ステップを示す図である。

10

20

30

40

50

る。

【図 8】一実施形態による、MEMS センサを製作するための製作ステップを示す図である。

【図 9】一実施形態による、MEMS センサを製作するための製作ステップを示す図である。

【図 10】一実施形態による、MEMS センサを製作するための製作ステップを示す図である。

【図 11】一実施形態による、MEMS センサを製作するための製作ステップを示す図である。

【図 12】一実施形態による、MEMS センサを製作するための製作ステップを示す図である。 10

【図 13】一実施形態による、MEMS センサを製作するための製作ステップを示す図である。

【図 14】一実施形態による、MEMS センサを製作するための製作ステップを示す図である。

【図 15】[0014] 1 つの MEMS センサに関連した V を測定するための概略を示す図である。

【図 16】[0015] 共通の基板上に配置された、様々な方向の磁界および加速度ベクトルを測定するための MEMS センサの配列を示す図である。

【図 17】共通の基板上に配置された、様々な方向の磁界および加速度ベクトルを測定するための MEMS センサの配列を示す図である。 20

#### 【発明を実施するための形態】

##### 【0010】

[0016] 次に、本発明の原理の理解を助長するために、図面に示されて以下の明細書で説明される実施形態が参照されることになる。本発明の範囲に対する限定がそれによって意図されていないことが理解される。本発明が、示された実施形態に対するあらゆる改変形態および変更形態も含み、本発明が関係する技術の当業者なら普通に考えつくはずの本発明の原理のさらなる用途を含むことが、さらに理解される。

##### 【0011】

[0017] 図 1 を参照すると、面内磁界および / または面外加速度の感知センサ (MEMS センサ) 用の回路が、全体的に 10 で指定して表されている。回路 10 は、I/O デバイス 12、処理回路 14 およびメモリ 16 を含む。I/O デバイス 12 は、ユーザインターフェースと、グラフィカルユーザインターフェースと、キーボードと、ポインティングデバイスと、遠隔通信リンクおよび / または局所的通信リンクと、ディスプレイと、外部で生成された情報が回路 10 に供給されることを可能し、回路 10 の内部情報が外部と通信されることを可能にする他のデバイスとを含むことができる。 30

##### 【0012】

[0018] 処理回路 14 は、適切には、マイクロプロセッサおよびその関連する回路などの汎用コンピュータ処理回路でよい。処理回路 14 は、本明細書に帰する動作を実行するよう動作可能である。 40

##### 【0013】

[0019] メモリ 16 の内部には、様々なプログラム命令 18 がある。プログラム命令 18 は、必要に応じて、処理回路 14 および / またはその他の構成要素によって実行することができる。

##### 【0014】

[0020] 回路 10 は、処理回路 14 に接続されたセンサの励振 / 応答の回路 20 をさらに含む。センサの励振 / 応答の回路 20 は、MEMS センサ 100 に対する励振を供給して励振の効果を測定する。励振は処理回路 14 によって制御され得、測定値は処理回路 14 に通信される。

##### 【0015】

50

20

30

40

50

[0021] 図2を参照すると、MEMSセンサ100の斜視図が示されている。基板102が設けられる。基板102用の適切な基板材料の例には、シリコン、ガラス、炭素、ゲルマニウム、炭化シリコン、およびシリコンゲルマニウムがある。基板102は、絶縁層104で電気的に絶縁される。絶縁層104用の適切な絶縁材料の例には、二酸化シリコン、およびシリコン基板とともに用いる窒化シリコンがある。半導体層106が、絶縁層104の上に、枢動部材108によって懸垂されるように設けられる。半導体層106の材料の一例には、非ドープのポリシリコンがある。枢動部材108は、半導体層106が枢動部材108のまわりを枢動することができるよう、基板102／絶縁層104と半導体層106の間に枢動する機能を与える。枢動部材108は、AAで示された点線より下にあり、半導体層106を2つのレバーアーム110と112に分割する。各レバーアーム110と112の長手方向は、例えばX軸といった前後軸に沿って延びる。一実施形態では、2つのレバーアーム110と112のそれぞれが同一の長さを有する。しかし、図2に示された実施形態では、レバーアーム110はレバーアーム112より短い。レバーアーム110に構造用窓114が設けられ、レバーアーム112に構造用窓116が設けられて、2つのレバーアームのねじり曲げをさらに助長する。窓114と半導体層106の縁端部の間の部分が、ばねアーム111を画定する。同様に、窓116と半導体層106の縁端部の間の部分が、ばねアーム113を画定する。レバーアーム110および112が力を受けたとき、ばねアーム111および113と以下で説明されるレバーアーム110および112の枢動動作の組合せが、レバーアームのねじり曲げをもたらす。ばねアーム111および113の寸法（長さ、幅、および厚さ）は、所与の力に対して起こり得るレバーアーム110および112のねじり曲げ量を決定する要因の1つである。具体的には、同一の付与力に対して、より長い／より薄いばねアーム111および113は、より大きく曲げり、より短い／より厚いばねアーム111および113は、より曲がりにくい。したがって、所望の感度を実現するために使用され得るばねアーム111／113の設計によって可撓性がもたらされる。別の要因に、レバーアーム110／112の長さがある。レバーアーム110／112がより長ければ、レバーアームの縁端部が所与の力を受けたときのねじり曲げが、より大きくなる。

#### 【0016】

[0022] 枢動部材108は、垂直の支持区間118を有する。枢動部材108は、半導体層106の底部面と一体化して形成され、ばねアーム111および113とともに枢動する機能をもたらす。枢動部材108は、半導体層106の下に頂部の水平の支持区間（図示せず）も含むことができ、「T」字形の枢動部材を形成する。頂部の水平の支持区間の長さは、半導体層106の底部面の小部分に及ぶ長さから、半導体層106のほぼ全体の幅に及ぶ長さまであり得る。頂部の水平の支持区間の長さは、半導体層106が、枢動部材108のまわりでねじれるか、または枢動部材108のまわりを枢動するか、といったことに影響を与えることができる。一実施形態では、底部の水平の支持区間（図示せず）を形成するために、追加の材料も一体化して設けることができ、基板102／絶縁層104が「I」字形の枢動部材を形成する。垂直の支持区間118の高さが、1対のキャパシタの静電容量を決定する。枢動部材108の材料の一例には、非ドープのポリシリコンがある。

#### 【0017】

[0023] 2つの感知電極122および128が、絶縁層104の上で半導体層106の下に設けられる。感知電極122および128は、「Y」字方向に、実質的に半導体層106の全幅に延在する。感知電極122および128は、例えば接合パッドおよび接合電線といった当技術分野で既知のやり方で、励振／応答の回路20に電気的接続（図示せず）をもたらす。2つのバイアス用電極124および126は、導体部材130への電気的接続をもたらす。図2に示された実施形態では、バイアス用電極124および126は、絶縁層104の両側に配置される。しかし、別の実施形態では、バイアス用電極124および126は、どちらも同じ側に配置され得る。図2に示された実施形態では、半導体層106の頂面上に導体部材130が設けられる。他の実施形態では、導体部材130は、半

導体層 106 の中に埋め込まれる、または半導体部材 106 の底面に設けられ得る。これらの実施形態のうちどれでも、導体部材 130 の終端 132 および 134 は、それぞれバイアス用電極 124 および 126 に電気的に結合される。

#### 【0018】

[0024] 導体 130 は、横方向部分 142 および軸方向部分 144 を含む。導体部材 130 の横方向部分 142 は、2 つのばねアーム 111 および 113 のうちの一方だけ（図 2 に示されるようにばねアーム 113）に関連して、枢動部材 108 から距離 136 だけ離れて、例えば「X」軸といった前後軸を横切る。距離 136 は、以下でより詳細に論じられる「Z」軸に平行なベクトルを有する生成されたローレンツ力の結果としてばねアームが受けることになる回転量を決定する。

10

#### 【0019】

[0025] 感知電極 122 および 128 は、それぞれレバーアーム 112 および 110 の（図 3 に示されている）キャパシタ部分 204 および 202 の下のキャパシタ層をもたらす。感知電極 122 とキャパシタ部分 204 の組合せが、想像線で示されているキャパシタ 140 を形成する。同様に、感知電極 128 とキャパシタ部分 202 の組合せがキャパシタ 138 を形成する。各キャパシタの静電容量は次式で定義され、

$$C = (A / d) \quad (1)$$

は誘電体の誘電率であり、

A は、感知電極 122 / 128 の面積ならびにキャパシタ部分 204 および 202 の面積によって定義される、すなわち電荷が集まるところの実効面積であり、

20

d は、感知電極 122 / 128 とキャパシタ部分 202 / 204 の間の距離である。一実施形態では、誘電体は空気である。静電容量は、感知電極 122 / 128 とキャパシタ部分 202 / 204 の間の距離に反比例するので、キャパシタ部分が感知電極 122 / 128 の方へ曲がると静電容量が増加する。反対に、キャパシタ部分が感知電極 122 / 128 から離れるように曲がると、静電容量が減少する。

20

#### 【0020】

[0026] 半導体層 106 の、枢動部材 108 のまわりの枢動運動により、レバーアーム 110 / 112 のうち 1 つに対して力が作用すると、そのレバーアームが、下方へそれぞれの感知電極の方へ撓み、次いで他方のレバーアームが、反対方向に、すなわち、そのぞれの感知電極から離れる方向に移動する。レバーアーム 110 / 112 の撓みにおけるこのような関係は、シーソー機構に似ている。例えば、レバーアーム 112 に対して働く下方への力により、レバーアーム 112 が、下方へ、感知電極 122 の方に撓む場合、レバーアーム 110 は、感知電極 128 から離れて上方へ撓み、その逆もまた同様である。例えばレバーアームのうちの 1 つに対して与えられる力の和がシーソー機構をもたらすように、不均衡な力が必要とされる。したがって、両方のレバーアームが同一の力密度を経験する慣性 / 加速度の感知については、シーソー機構をもたらすのに必要とされる不均衡な力を生成するために、例えばレバーアーム 110 / 112 の長さといった幾何学的設計パラメータが利用され得る。例として、一方のレバーアーム、例えば 112 が、他方のレバーアーム、例えば 110 より長い。2 つのレバーアーム 110 / 112 向けに別々の長さを実現することにより、別々の運動が生成され得る。

30

#### 【0021】

[0027] 2 つのレバーアーム 110 と 112 の間の撓みの変化量が、キャパシタ 138 と 140 の静電容量の変化量に変換され得る。次いで、これらの変化量が、以下でより詳細に論じられることになる電気回路を使用して感知され得る。

#### 【0022】

[0028] 図 3 を参照すると、MEMS センサ 100 の側面図が与えられている。キャパシタ部分 202 および 204 は、レバーアーム 110 および 112 の一部分として示されている。上記で論じられたように、感知電極 122 および 128 は、それぞれレバーアーム 110 および 112 のキャパシタ部分 202 および 204 の下にキャパシタ層 208 および 206 をもたらす。キャパシタ層 206 とキャパシタ部分 202 の組合せが、キャパシ

40

50

タ 1 3 8 を形成する。同様に、キャパシタ層 2 0 8 とキャパシタ部分 2 0 4 がキャパシタ 1 4 0 を形成する。

### 【 0 0 2 3 】

[0029] 図 3 に示されるように、導体部材 1 3 0 の終端 1 3 2 および 1 3 4 は、バイア 2 1 0 および 2 1 2 によってバイアス用電極 1 2 4 および 1 2 6 に電気的に接続される。バイアス用電極 1 2 4 および 1 2 6 は、水平部分および垂直部分を含む。垂直部分はバイア 2 1 0 および 2 1 2 に接続される。導体部材 1 3 0 が半導体層 1 0 6 の底部側にある実施形態では、バイア 2 1 0 および 2 1 2 は回避され得る。

### 【 0 0 2 4 】

[0030] 動作においては、導体部材 1 3 0 には、バイアス用電極 1 2 4 および 1 2 6 により、バイア 2 1 0 および 2 1 2 を介して電流が与えられる。MEMS センサ 1 0 0 が、半導体層 1 0 6 の表面に対して接線に沿った磁界ベクトルを有する磁界の中に配置されたとき、ローレンツの法則による垂直の力が生成される。ローレンツの法則は、電荷を搬送している粒子が磁界内にあるとき、粒子に与えられるローレンツ力が次式で表されると示しており、

$$F = q [ E + ( v \times B ) ] \quad ( 2 )$$

この式で、F はニュートンで表したローレンツ力であり、

q はクーロンで表した電荷搬送粒子の電荷であり、

v は m / s で表した瞬間速度であり、

E は v / m で表した電界であり、

B はテスラで表した磁界である。「×」は v と B の間のベクトルの外積である。電流を搬送している導線には、次式で表されるローレンツ力が加わり、

$$F = L ( i \times B ) \quad ( 2 a )$$

この式で、F はニュートンで表したローレンツ力であり、

L は、磁界を受ける電流搬送線のメートルで表した長さであり、

i は、磁界を受ける電線を通る、アンペアで表した電流であり、

B はテスラで表した磁界である。磁界を受けている導体を通る電流が、レバーアーム 1 1 0 および 1 1 2 を含む自立した構造体の共振周波数に近い周波数を有する場合、その構造体に与えられる力の量が増幅されることになる。反対に、共振周波数から離れた周波数がもたらす力は最小限になるはずである。したがって、ローレンツの法則を活用し、また、導体に影響を及ぼす磁界を選択的に試験するために、構造体の共振周波数の近くの周波数を有する AC 信号が用いられ得る。

### 【 0 0 2 5 】

[0031] ローレンツ力の方向は、当技術分野で知られている右手の法則に基づくものである。磁界の方向次第で、導体部材 1 3 0 の様々な部分にローレンツ力を与えることができる。例えば、磁界が X 軸と平行な場合、例えば導体部材 1 3 0 の横方向部分 1 4 2 といった Y 軸と平行な導体部材の部分にのみ、ローレンツ力が加わる。しかし、磁界が別の角度で半導体層 1 0 6 に向かう場合、導体部材 1 3 0 の別々の部分にローレンツ力が加わる可能性がある。導体部材の横方向部分 1 4 2 にローレンツ力が加わると、レバーアーム 1 1 2 は、感知電極 1 2 2 の方に下方へ撓む。ばねアーム 1 1 3 が下方へ撓むことにより、レバーアーム 1 1 0 も、感知電極 1 2 8 から離れて上方へ撓む。

### 【 0 0 2 6 】

[0032] 導体要素に電流が加わると、半導体層 1 0 6 の両端に自由電荷が集まることが可能になる。半導体層 1 0 6 の両端に自由電荷が集まるのは、半導体の性質によるものである。これらの電荷は、キャパシタ部分 2 0 2 および 2 0 4 の形成をもたらす。キャパシタ部分 2 0 2 および 2 0 4 は、キャパシタ層 2 0 6 および 2 0 8 と協働してキャパシタ 1 3 8 および 1 4 0 を形成する。レバーアーム 1 1 2 が、キャパシタ層 2 0 8 の方へ、すなわちセンサ電極 1 2 2 の方へ撓むと、キャパシタ 1 4 0 の静電容量が増加する。レバーアーム 1 1 0 が、キャパシタ層 2 0 6 から離れて、すなわち感知電極 1 2 8 から離れて撓むとキャパシタ 1 3 8 の静電容量が減少する。静電容量の変化を検出するのに、以下でより詳

10

20

30

40

50

細に論じられる検出回路が使用され得る。

### 【0027】

[0033]ローレンツ力は、レバーアーム110と112を反対方向内に撓ませることができると、垂直方向すなわち「Z」方向の加速度ベクトルは、レバーアーム110および112の両方を同一方向に撓ませる力を生成することができる。生成される慣性力は、ニュートンの運動の第2法則、すなわち

$$F = M a \quad (3)$$

によって支配され、この式で、Mはレバーアームのサイズミックマスであり、aは加速度ベクトルであり、

Fはレバーアームに作用する力ベクトルである。力の方向は、加速度ベクトルと同一である。したがって、MEMSセンサ100が垂直の加速度ベクトルを下方へ受けるとき、シーソー運動が存在して、レバーアーム112は下方へ撓み、レバーアーム110は上方へ撓む。反対に、MEMSセンサ100が垂直の加速度ベクトルを上方へ受けるとき、レバーアーム112は上方へ撓み、レバーアーム110は下方へ撓む。レバーアーム110および112ならびにばねアーム111および113が同じように構成されているとき、ここで説明されたレバーアーム110/112のシーソー運動は実質的に存在しない。例えば、レバーアーム110と112が同じ長さを有し、ばねアーム111と113が同じ厚さを有する場合、どちらのレバーアームも、加速度ベクトルの方向次第で下方または上方へ撓む。前述の構造変数の差が、上記で説明されたシーソー運動をもたらす可能性がある。

10

### 【0028】

[0034]導体部材130に電流を与えると、キャパシタ138および140を形成するレバーアーム110および112上のキャパシタ部分202および204によって生成された静電容量の測定が容易になる。キャパシタ部分202および204がキャパシタ層206および208の方へ撓むと、キャパシタ138および140の静電容量が増加する。一方のレバーアーム、例えばレバーアーム112がより長い実施形態では、例えばキャパシタ140といったそれぞれのキャパシタの静電容量が増加し、例えばキャパシタ138といった他方のキャパシタの静電容量が減少する。静電容量の変化の差が、加速度の大きさを求めるのに用いられ得る。

### 【0029】

[0035]導体部材130に交流(AC)タイプの信号を通すと、キャパシタ138および140を介してAC信号の容量結合をもたらす。AC信号と、半導体層106に平行な、具体的には図2に示されたX軸に平行な磁界との相互作用が、ローレンツの法則に従ってレバーアーム112の撓みをもたらす可能性がある。AC信号の周波数が、MEMSセンサ100の自立した構造体の共振周波数に近い場合、レバーアーム110および112の撓みが最大化され得る。感知電極128および122における電圧を測定し、これらの電圧を差動增幅器に通すことにより、導体部材130に対して作用する磁界ならびに両方のレバーアーム110および112に対して作用する加速度ベクトルaに関連するV量が生成され得る。V量は次式で表され、

$$V = S_A a + S_M B \quad (4)$$

30

Vは、ボルト(V)で測定された出力電圧の変化であり、

aは、m/s<sup>2</sup>で測定された加速度の変化であり、

は、導体部材130に対して作用する、テスラ(T)で測定された磁界の変化であり、

S<sub>A</sub>は、V/(m/s<sup>2</sup>)で測定された加速度に対する感度であり、

S<sub>M</sub>は、(V/T)で測定された磁界に対する感度である。

### 【0030】

[0036]一実施形態によれば、1対の同一のMEMSセンサ100<sub>1</sub>および100<sub>2</sub>が同一の慣性/磁気の環境に配置され得て、2つのセンサに対してV<sub>1</sub>およびV<sub>2</sub>が同時に測定される。MEMSセンサ100<sub>1</sub>および100<sub>2</sub>のばねアーム111および113

40

50

の自立した構造体の共振周波数に近い周波数を有する第1のAC信号が、第1のMEMSセンサ100<sub>1</sub>のバイアス用電極124および126に与えられ、第2の電流が、第2のMEMSセンサ100<sub>2</sub>のバイアス用電極124および126に与えられる。第1の電流と第2の電流は、反対方向の、すなわち位相が180°シフトされた信号である。各MEMSセンサ100<sub>1</sub>および100<sub>2</sub>に関してV値が測定される。V測定値は、AC接地に対する感知電極128と122の差電圧の読み取りを表す。したがって、V<sub>1</sub>は第1のMEMSセンサ100<sub>1</sub>に関するVであり、V<sub>2</sub>は第2のMEMSセンサ100<sub>2</sub>に関するVである。この実施形態では、aおよびaは以下の比例関係によって与えられる。

$$B = (V_1 - V_2) / 2 \quad (5a)$$

$$a = (V_1 + V_2) / 2 \quad (5b)$$

[0037] MEMSセンサ100<sub>1</sub>と100<sub>2</sub>の電流が反対方向であるとき、磁界(S<sub>M</sub>B)によって寄与された出力電圧信号は反対符号を有する。一方、加速度ベクトル(S<sub>A</sub>a)によって寄与された出力電圧信号は、同一であって交番しない。したがって、は、測定信号から差動の項を得ることにより、比例関係5aによって計算され得る。反対に、aは、測定された信号から共通項を得ることにより、比例関係5bによって計算され得る。この測定方式を用いることにより、MEMSセンサ対に与えられた磁界と加速度ベクトルが、分離して同時に取得され得る。

### 【0031】

[0038] 別の実施形態では、2つの同一のMEMSセンサ100<sub>1</sub>および100<sub>2</sub>が同一の慣性/磁気の環境に配置され得て、2つのセンサに関してV<sub>1</sub>およびV<sub>2</sub>が同時に測定される。レバーアーム110および112の共振周波数から離れた周波数を有する第1のAC信号が第1のMEMSセンサ100<sub>1</sub>に与えられ、第2のMEMSセンサ100<sub>2</sub>の自立した構造体の共振周波数に近い、または等しい周波数を有する第2のAC信号が第2のMEMSセンサ100<sub>2</sub>に与えられる。第1のAC信号の周波数は、レバーアーム110および112のローレンツ力によるいかなる感知できるほどの撓みももたらさない。両方のMEMSセンサ100<sub>1</sub>および100<sub>2</sub>に関して、V<sub>1</sub>およびV<sub>2</sub>が測定される。V<sub>1</sub>は第1のMEMSセンサ100<sub>1</sub>に関するVであり、V<sub>2</sub>は第2のMEMSセンサ100<sub>2</sub>に関するVである。この実施形態では、aおよびaは以下の比例関係によって与えられる。

$$B = (V_2 - V_1) \quad (6a)$$

$$a = V_1 \quad (6b)$$

[0039] 対のMEMSセンサ100<sub>1</sub>および100<sub>2</sub>が磁界に晒されるとき、対のMEMSセンサ100<sub>1</sub>および100<sub>2</sub>のレバーアーム110および112は、別々に動く。第1のMEMSセンサ100<sub>1</sub>に与えられる第1のAC信号は、磁界に晒されている自立した構造体を撓ませないが、垂直の加速度ベクトルに晒すと、自立した構造体が撓む。したがって、加速度ベクトルaに晒すことは、比例関係6bによって計算され得る。反対に、第2のMEMSセンサ100<sub>2</sub>の出力電圧信号は、AC電流入力の周波数選択のために、磁界および加速度ベクトルの両方に従う。したがって、MEMSセンサ100<sub>1</sub>からの出力電圧信号を基準として用いて、aは比例関係6aによって計算され得る。

### 【0032】

[0040] 別の実施形態によれば、1つのMEMSセンサ100が慣性/磁気の環境に配置され得て、このセンサに関するV<sub>1</sub>およびV<sub>2</sub>が、別々瞬間、すなわち時間t=t<sub>1</sub>およびt=t<sub>2</sub>において測定される。第1の瞬間に、レバーアーム110および112の共振周波数から離れた周波数を有する第1のAC信号がMEMSセンサ100に与えられる。第2の瞬間に、MEMS100の自立した構造体の共振周波数に近い、または等しい周波数を有する第2のAC信号がMEMSセンサ100に与えられる。第1のAC信号の周波数は、ローレンツ力によるレバーアームのいかなる感知できるほどの撓みももたらさない。V<sub>1</sub>およびV<sub>2</sub>は、両方の瞬間で測定される。したがって、V<sub>1</sub>は第1の瞬間ににおけるMEMSセンサ100に関するVであり、V<sub>2</sub>は第2の瞬間ににおけるME

10

20

30

40

50

M S センサ 1 0 0 に関する  $V$  である。この実施形態では、  
および  $a$  は以下の比例  
関係によって与えられる。

$$\begin{aligned} B & ( V_2 - V_1 ) \quad ( 7 a ) \\ a & V_1 \quad ( 7 b ) \end{aligned}$$

[0041] M E M S センサ 1 0 0 が磁界に晒されるとき、M E M S センサ 1 0 0 のレバーアーム 1 1 0 と 1 1 2 は、前述の 2 つの瞬間ににおいて異なった動きをする。第 1 の瞬間に与えられる第 1 の A C 信号は、磁界に晒されている自立した構造体を撓ませないが、レバーアーム 1 1 0 および 1 1 2 を垂直の加速度ベクトルに晒すと、自立した構造体は、例えば下方へ撓む。したがって、 $a$  は、比例関係 7 b によって計算され得る。反対に、M E M S センサ 1 0 0 の出力電圧信号は、A C 電流入力の周波数選択のために、磁界および加速度ベクトルの両方を受ける。M E M S センサ 1 0 0 が加速度ベクトルに晒されるかどうかということも次第で、レバーアーム 1 1 0 は上方へ撓む可能性がある。したがって、 $a$  は、M E M S センサ 1 0 0 からの出力電圧信号を基準として用いて、比例関係 7 a によって計算され得る。  
10

#### 【 0 0 3 3 】

[0042] 別の実施形態によれば、1 つの M E M S センサ 1 0 0 が慣性 / 磁気の環境に配置され得て、このセンサに関する  $V_1$  および  $V_2$  が、別々瞬間、すなわち時間  $t = t_1$  および  $t = t_2$  において測定される。第 1 の瞬間に、M E M S センサ 1 0 0 の自立した構造体の共振周波数に近い、または等しい周波数を有する第 1 の A C 信号が、M E M S センサ 1 0 0 に与えられる。第 2 の瞬間に、M E M S センサ 1 0 0 の自立した構造体の共振周波数に近い、または等しい周波数を有する第 2 の A C 信号が、M E M S センサ 1 0 0 に与えられる。第 1 の電流と第 2 の電流は、反対方向の、すなわち位相が  $180^\circ$  シフトされた信号である。M E M S センサ 1 0 0 に関する  $V$  が、各瞬間にについて測定される。 $V_1$  は第 1 の瞬間ににおける M E M S センサ 1 0 0 に関する  $V$  であり、 $V_2$  は第 2 の瞬間ににおける M E M S センサ 1 0 0 に関する  $V$  である。この実施形態では、 $a$  および  $a$  は以下の比例関係によって与えられる。  
20

$$\begin{aligned} B & ( V_2 - V_1 ) / 2 \quad ( 8 a ) \\ a & ( V_2 + V_1 ) / 2 \quad ( 8 b ) \end{aligned}$$

[0043] 別々の瞬間  $t_1$  および  $t_2$  における M E M S センサ 1 0 0 の電流が反対方向であるとき、磁界 ( $S_M$  /  $B$ ) によって寄与された出力電圧信号は反対符号を有する。一方、加速度ベクトル ( $S_A$  /  $a$ ) によって寄与された出力電圧信号は、同一であって交番しない。したがって、 $a$  は、測定された信号から差動の項を得ることにより、比例関係 8 a によって計算され得る。反対に、 $a$  は、測定された信号から共通の項を得ることにより、比例関係 8 b によって計算され得る。この測定方式を用いることにより、M E M S センサ対に与えられた磁界と加速度ベクトルが、分離して同時に取得され得る。  
30

#### 【 0 0 3 4 】

[0044] 図 4 を参照すると、M E M S センサ 2 5 0 向けの実施形態に関する斜視図が示されている。この実施形態では、導体部材 1 3 0 は、タブ 2 6 2 および 2 6 4 の上に外へ延在する終端 1 3 2 および 1 3 4 を有する。接合パッド 2 5 6 および 2 5 8 は、終端 1 3 2 および 1 3 4 上に配置されたパッド（図示せず）への接合線 2 5 2 および 2 5 4 により、励振 / 応答の回路 2 0 と導体部材 1 3 0 の間の電気的接続をもたらす。この実施形態では、バイアス用電極 1 2 4 および 1 2 6 ならびにバイア 2 1 0 および 2 1 2 は除去され得る。  
40

#### 【 0 0 3 5 】

[0045] 図 5 ~ 図 1 4 を参照すると、M E M S センサ 1 0 0 を製作するための一実施形態に含まれるステップが示されている。これらの図に示されたステップは、当技術分野で既知の集積回路製作プロセスによって遂行され得る。図 5 は、基板 1 0 2 および絶縁層 1 0 4 を示す。基板 1 0 2 は、多くの M E M S センサ 1 0 0 を含むウェーハに関する出発点であり得る。個々の M E M S センサ 1 0 0 は、後にウェーハからダイシングして個別化され得る。上記で論じられたように、基板 1 0 2 用の適切な基板材料の例には、シリコン、ガ  
50

ラス、炭素、ゲルマニウム、炭化シリコン、およびシリコンゲルマニウムがある。

#### 【0036】

[0046] 基板 102 を他の構造体から電気的に絶縁するために、基板 102 上に絶縁層 104 が堆積される。絶縁層 104 用の適切な絶縁材料の例には、シリコン基板用のシリコン酸化物および窒化シリコンがある。堆積の方法の例には、熱成長（シリコン酸化物用）、化学的気相成長法、および物理的気相成長法がある。形成プロセス中に、絶縁層 104 が、基板 102 の全体の範囲にわたって形成され、裏面上にも形成されてよい。

#### 【0037】

[0047] 図 6 を参照すると、感知電極 122 および 128 を形成するための堆積プロセスが示されている。絶縁層 104 の頂部に、感知電極 122 および 128 を形成するための材料 302 の層が堆積される。堆積方法の例には、化学的気相成長法および物理的気相成長法がある。この層は、代わりにエピタキシャル成長プロセスによって成長させることもできる。層 302 の材料の例には、ドープされたポリシリコン、金、銀、銅、チタン、プラチナ、タンゲステン、アルミニウム、イリジウム、ルテニウム、および窒化チタンがある。絶縁層 104 の全体の範囲にわたって層 302 が形成される。感知電極 122 および 128 を形成するために、層 302 の上にマスク層 304 の 2 つの細長片が配置される。これらの層は、当技術分野で既知のフォトリソグラフィプロセスによって生産され得る。一旦マスク層 304 が形成されると、層 302 がエッティング除去され、頂部にマスク層 304 を有する層 302 の細長片が残る。マスク層 304 は、エッチャントがマスク層 304 の下の細長片をエッティング除去するのを防止する。次いで、平坦化プロセスまたは化学的除去プロセスによってマスク層 304 が除去され、感知電極 122 および 128 を構成する層 302 の 2 つの細長片が残る。

#### 【0038】

[0048] 図 7 を参照すると、MEMS センサ 100 の残りを形成するための基礎として、感知電極 122 / 128 の上に、犠牲層 306 が堆積／成長され、かつパターニングされている。駆動部材 108 の位置に対応する犠牲層 306 のボリューム 307 が、マスキングおよび化学的除去プロセスによって除去される。図 8 を参照すると、絶縁層 104、感知電極 122 / 128、およびボリューム 307 の上面図が与えられている。図 8 には、犠牲層 306 も示されている。図 9 を参照すると、駆動部材 108 および半導体層 106 の形成が示されている。層 310 が、層 306 の上に、およびボリューム 307 を通って堆積／成長される。層 310 の材料の例にはポリシリコンがある。それに続くプロセスの後に、層 310 が半導体層 106 を構成することが理解されよう。また、次に、駆動部材 108 が絶縁層 104 と一体化して形成される。犠牲層 306 は、（1）機械 - 電気変換のために十分に大きな信号を誘起し、（2）犠牲層 306 にわたって適切なステップの被覆をもたらし、（3）当技術分野で既知の下地へのスティクションなどの問題を回避するために、犠牲層 306 の除去後の解放を容易にするように十分に厚いものでよい。

#### 【0039】

[0049] 図 10 を参照すると、図 2 および図 4 に示されるような所望の形状を有する導体部材 130 を形成するために、半導体層 106 上に導体層 312 が堆積されてパターニングされる。堆積方法の例には、化学的気相成長法および物理的気相成長法がある。層 312 の材料の例には、金、銀、銅、チタン、プラチナ、タンゲステン、アルミニウム、イリジウム、ルテニウム、および窒化チタンなどがある。パターン転写のために、導体層 312 の構築を容易にするためのエッティングマスクを実現するのに、標準的湿式エッティングまたはリフトオフプロセスとともに、当技術分野で既知のフォトリソグラフィプロセスが用いられる。

#### 【0040】

[0050] 図 11 を参照すると、レバーアーム 110 / 112 およびばねアーム 111 / 113 を形成するために半導体層 106 が構成される。半導体層 106 を構成するステップは、当技術分野で既知のフォトリソグラフィプロセスによって生成されたエッティングマスクを使用する標準的な湿式または乾式のエッティングプロセスを組み込む。湿式または乾式

10

20

30

40

50

のエッティングを通じて、層 310 の、エッティングマスクによって覆われていない部分がエッティング除去される。エッティングマスクは、レバーアーム 111 およびばねアーム 113 の頂部に配置された導体部材 130 も覆い、したがって半導体層 310 のエッティングプロセスを通じて導体部材 130 を保護する。図 12 および図 13 を参照すると、半導体層 106、駆動部材 108、感知電極 122 / 128、および導体部材 130 の上面図が、図 2 および図 4 によるパターンで示されている。図 13 に示された、図 4 に対応する設計代案は、半導体層 310 を構成するのに用いられる別のパターンのエッティングマスクを転写することにより実現され得る。図 13 を参照して、図 4 に示された実施形態に見られるタブ 262 および 264 は、半導体層 310 を構成するとき、標準的な湿式または乾式のエッティングプロセスを用いて、レバーアーム 110 / 112 およびばねアーム 111 / 113 と同時に形成され得る。  
10

#### 【0041】

[0051] 図 14 を参照すると、平坦化プロセスまたは化学的除去プロセスによってエッティングマスクをすべて除去した後の完成した MEMS センサ 100 が示されている。さらに、犠牲層 306 が化学的エッティングプロセスによって除去される。犠牲層 306 を効率的に除去するために、層 310 は、除去化学物質が層 306 へ垂直方向に到達することができるよう穴を開けられてよい。また、穴を開けられた側は、犠牲層 306 の効果的な除去のために、除去化学物質がこの層に到達するのをさらに支援する。犠牲層 306 の最終的除去プロセスまたは初期の除去プロセスにおいて、例えば感知電極 122 / 128 の下にアンダーカット（図示せず）が起こる可能性がある。しかし、幅と厚さの適切な比を与えると、このアンダーカットが、MEMS センサ 100 の不利な性能問題をもたらすことはない。  
20

#### 【0042】

[0052] 図 15 を参照すると、電気信号の影響を受ける MEMS センサ 100 に関連した V を測定する、したがって静電容量の変化を測定するのに使用され得る簡易化した回路図 400 の一例が与えられている。搬送波の一部分であるソース 402 の AC 成分が、負荷 408 および 410 を通って、それぞれキャパシタ 404 および 406 に結合されている。各キャパシタは AC 接地に結合されている。各キャパシタ 404 および 406 の高電位側が、AC 増幅器 412 および 414 に接続される。各 AC 增幅器の出力は、差動増幅器 416 に結合される。ソース 402 は、DC 成分を除去するためにハイパスフィルタ 418 に通される。残りの AC 成分は、搬送波検出回路 420 に供給されて、ソース 402 の AC 成分のキャリア信号を構成する。このキャリア信号は、復調ブロック 422 により、差動増幅器 416 の出力を復調するのに用いられる。次いで、復調ブロックの出力が、低域通過フィルタ 424 に供給されて、出力 V を生成する。  
30

#### 【0043】

[0053] 図 16 および図 17 を参照すると、様々な MEMS センサのマトリックス 500 および 550 の上面図が示されている。マトリックス 500 は、第 1 の前後軸 (X 軸) に沿って働く磁界成分を測定するための 1 対の MEMS センサ 502 および 504 と、第 2 の前後軸 (Y 軸) に沿って働く磁界成分を測定するための 1 対の MEMS センサ 506 および 508 と、(紙面に対して垂直な) Z 軸に沿って働く磁界成分を測定するための当技術分野で既知のセンサ 510 とを含む。第 1 の前後軸と第 2 の前後軸は互いに垂直である。図 16 に示された構成は、上記で議論された、V を同時に測定する 2 つの MEMS センサを含んでいる測定方式に適する。センサ 510 のさらなる例には、ホールセンサ、磁気抵抗センサ、および当技術分野で既知の他のセンサがある。  
40

#### 【0044】

[0054] マトリックス 550 は、第 1 の前後軸 (X 軸) に沿って働く磁界成分を測定するための 1 つの MEMS センサ 552 と、第 2 の前後軸 (Y 軸) に沿って働く磁界成分を測定するための 1 つの MEMS センサ 554 と、(紙面に対して垂直な) Z 軸に沿って働く磁界成分を測定するための当技術分野で既知のセンサ 556 とを含む。センサ 510 のさらなる例には、ホールセンサ、磁気抵抗センサ、および当技術分野で既知の他のセンサが  
50

ある。図17に示された構成は、上記で論じられた、2つの瞬間ににおいてVを測定する1つのMEMSセンサを含んでいる測定方式に適する。図16および図17に示されたMEMSセンサは、(紙面に対して垂直な)Z軸に沿って働く加速度ベクトル成分を測定することもできる。図16および図17には示されていないが、X軸およびY軸に沿って働く加速度成分を測定するための既知の加速度計センサも、それぞれの加速度成分を測定するために、マトリックス500および550に含まれ得る。

#### 【0045】

[0055]動作においては、磁界が、X軸またはY軸と正確に整列しない可能性がある。しかし、これらの軸に沿って働く磁界成分は、それぞれのMEMSセンサによって感知される。磁界および加速度ベクトルのX軸成分、Y軸成分、およびZ軸成分を測定することにより、既知のベクトル解析に基づいて、磁界および加速度ベクトルの正確な方向および大きさが計算され得る。

10

#### 【0046】

[0056]本発明が、図面および前述の説明に示されて詳細に説明されてきたが、これらの特質は、例証をなすものであり、限定するものではないと考えられたい。示されているのは好ましい実施形態のみであり、また、本発明の趣旨の範囲内のすべての変更形態、変形形態およびさらなる用途が保護されるように望まれていることが理解される。以下、本発明の一形態を記載する。

#### (付記1)

基板を設けるステップと、

20

前記基板から上方へ延在する第1の枢動軸を形成するステップと、  
第1の枢動軸線のまわりを枢動するために、前記第1の枢動軸に対して枢動可能に取り付けられるように前記基板上に延在する第1の前後軸を有する第1のレバーアームを形成するステップと、

前記基板上の、前記第1のレバーアームの第1のキャパシタ部分の下であるように選択された位置において第1のキャパシタ層を形成するステップと、

前記基板上の、前記第1のレバーアームの第2のキャパシタ部分の下となるように選択された位置であって、前記第1の枢動軸が、前記第1のレバーアームを、前記第1のキャパシタ部分と前記第2のキャパシタ部分の間で前記第1の前後軸に沿って支持するようを選択された位置において第2のキャパシタ層を形成するステップと、

30

前記第1の前後軸にわたってある位置で延在し、前記第1の枢動軸線から離隔されるように第1の導体部材を形成するステップと  
を含む、微小電子機械システム(MEMS)を形成する方法。

#### (付記2)

(付記1)に記載の方法において、

前記第1のキャパシタ部分が、前記第1の枢動軸線から第1の距離だけ離隔されるように形成され、

前記第2のキャパシタ部分が、前記第1の枢動軸線から第2の距離だけ離隔されるように形成され、

前記第1の距離が前記第2の距離より大きい、  
方法。

40

#### (付記3)

(付記1)に記載の方法において、

前記第1の導体部材が前記第1のレバーアームの上部表面上に形成される、  
方法。

#### (付記4)

(付記3)に記載の方法において、

第1の電気的バイアス接続を形成するステップと、  
第2の電気的バイアス接続を形成するステップと、  
前記第1の電気的バイアス接続と前記第1の導体部材とを電気的に結合するために、第

50

1のバイアを、前記第1の電気的バイアス接続と前記第1の導体部材の第1の端部との間に延在するように形成するステップと、

前記第2の電気的バイアス接続と前記第1の導体部材とを電気的に結合するために、第2のバイアを、前記第2の電気的バイアス接続と前記第1の導体部材の第2の端部との間に延在するように形成するステップと  
をさらに含む方法。

(付記5)

(付記1)に記載の方法において、

命令指示をメモリの中に記憶するステップと、

プロセッサを、前記命令指示を実行して、

前記第1のキャパシタ層と前記第1のキャパシタ部分の間の第1の電圧差を取得し、  
前記第2のキャパシタ層と前記第2のキャパシタ部分の間の第2の電圧差を取得し、  
前記第1の電圧差と前記第2の電圧差の間の差に基づいて、前記第1の前後軸に沿つて広がる第1の磁界の強度に関連した出力をもたらすように構成するステップと  
をさらに含む方法。

(付記6)

(付記5)に記載の方法において、

前記プロセッサを構成するステップが、前記プロセッサを、前記命令指示を実行して、

前記第1の電圧差と前記第2の電圧差の和に基づいて、前記第1のレバーアームの前記基板に向かう加速度に関連した出力をもたらすように構成するステップをさらに含む方法

。

(付記7)

(付記1)に記載の方法において、

前記第1のレバーアームを形成するステップが、

前記第1の枢動軸に対して枢動可能に取り付けられるベース部分を形成するステップと  
、  
前記ベース部分と前記第1のキャパシタ部分の間に延在する第1のばねアーム部分を形成するステップと、

前記ベース部分と前記第2のキャパシタ部分の間に延在する第2のばねアーム部分を形成するステップと  
をさらに含む方法。

(付記8)

(付記1)に記載の方法において、

第2の枢動軸を、前記基板から上方へ延在するように形成するステップと、

第2の枢動軸線のまわりを枢動するために、前記第2の枢動軸に対して枢動可能に取り付けられるように前記基板上に延在する第2の前後軸を有する第2のレバーアームを形成するステップと、

前記基板上の、前記第2のレバーアームの第3のキャパシタ部分の下となるように選択された位置において第3のキャパシタ層を形成するステップと、

前記基板上の、前記第2のレバーアームの第4のキャパシタ部分の下となるように選択された位置であって、前記第2の枢動軸が、前記第2のレバーアームを、前記第3のキャパシタ部分と前記第4のキャパシタ部分の間で前記第2の前後軸に沿って支持するようを選択された位置において第4のキャパシタ層を形成するステップと、

第2の導体部材を、前記第2の前後軸にわたって延在し、前記第2の枢動軸線から離隔されるように形成するステップと  
をさらに含む方法。

(付記9)

(付記8)に記載の方法において、

前記第2の前後軸が、前記第1の前後軸に対して垂直である、  
方法。

10

20

30

40

50

(付記 10)

(付記 8)に記載の方法において、  
前記第2の前後軸が、前記第1の前後軸に対して平行である、  
方法。

【図1】

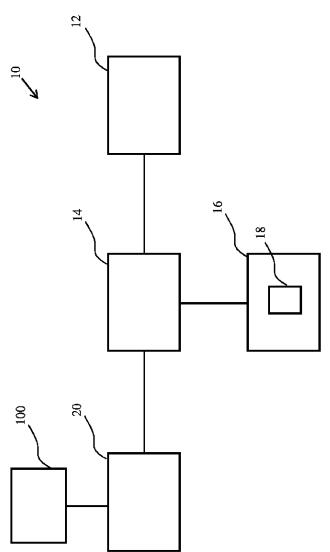


FIG. 1

【図2】

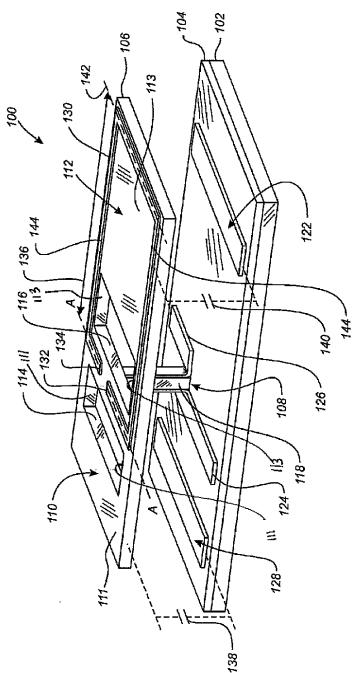


Fig. 2

【図3】

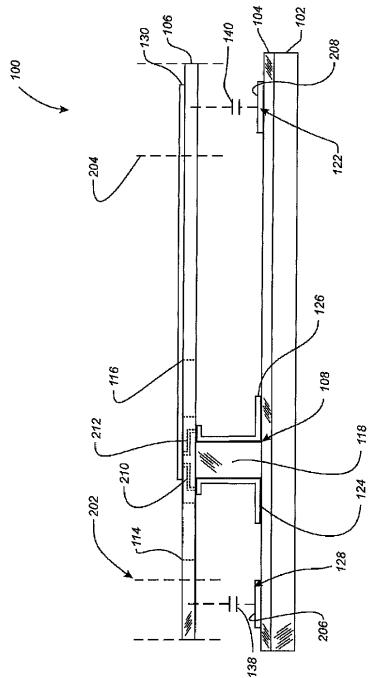


Fig. 3

【図4】

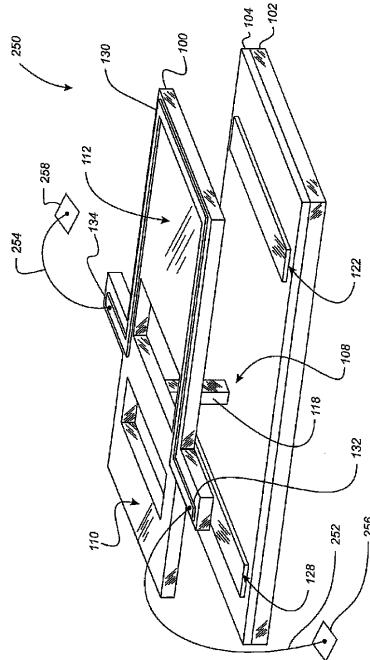


Fig. 4

【図5】

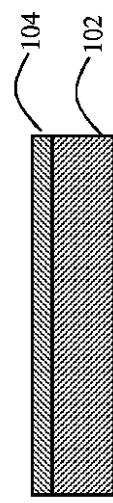


FIG. 5

【図6】

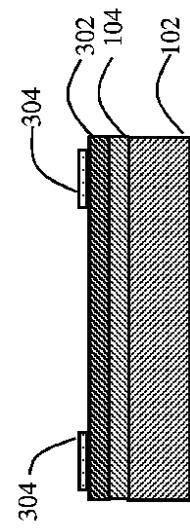


FIG. 6

【図7】

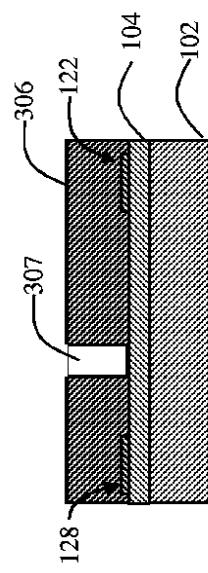


FIG. 7

【図8】

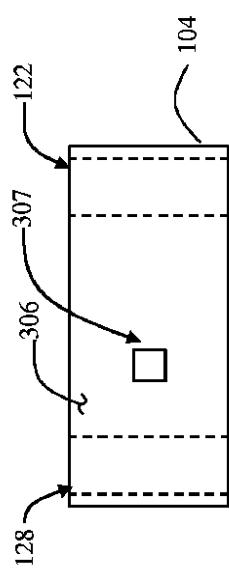


FIG. 8

【図9】

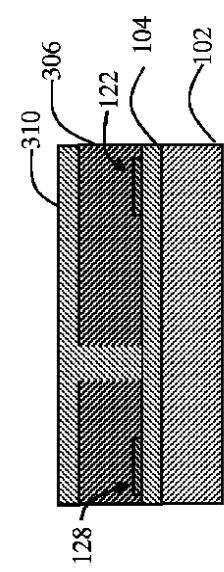


FIG. 9

【図10】

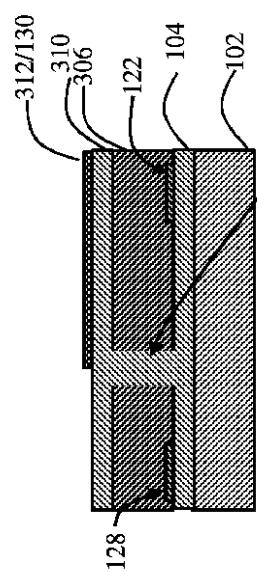


FIG. 10

【図 1 1】

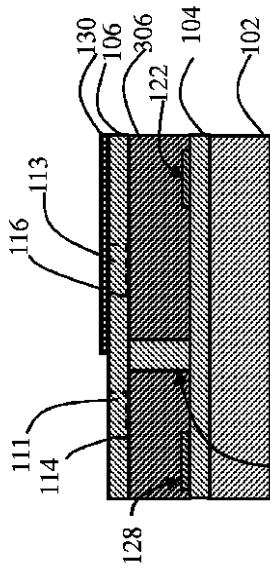


FIG. 11

【図 1 2】

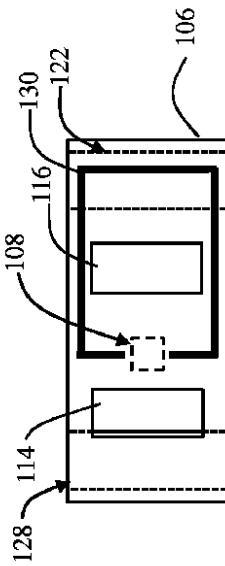


FIG. 12

【図 1 3】

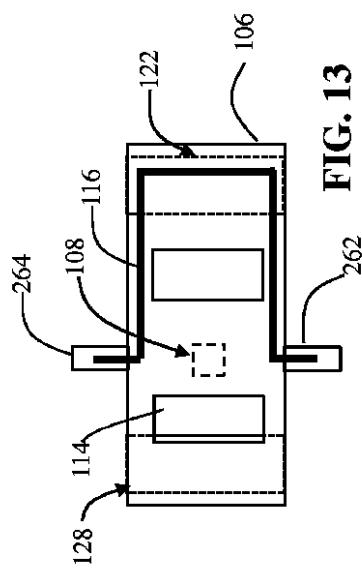


FIG. 13

【図 1 4】

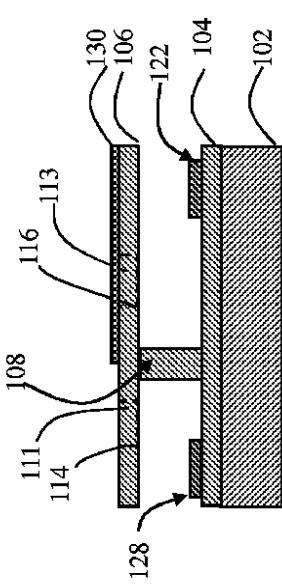


FIG. 14

【図 1 5】

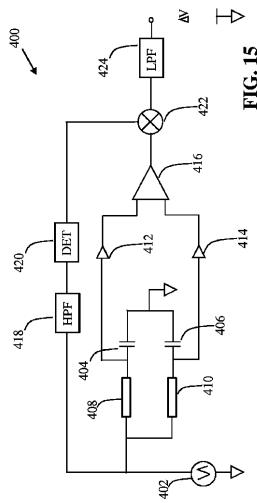


FIG. 15

【図 1 6 - 1 7】

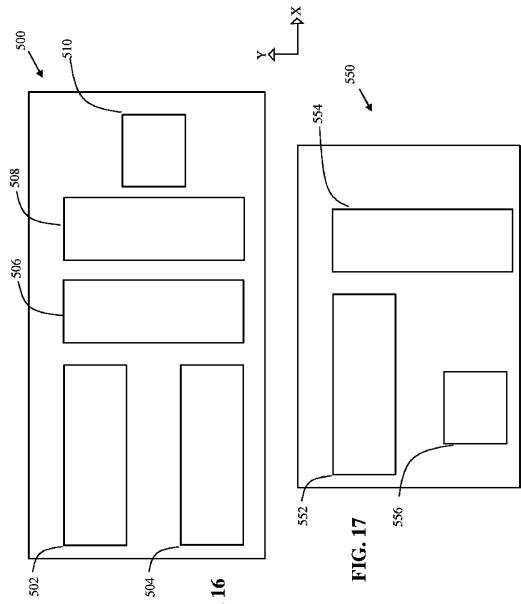


FIG. 16

FIG. 17

---

フロントページの続き

(72)発明者 チェン , ポー - ジュイ

アメリカ合衆国カリフォルニア州 94085 , サニーヴェール , レイクサイド・ドライブ 125  
9 , アパートメント 3217

(72)発明者 エッカルト , マルティン

ドイツ国 70197 シュトゥットガルト , グーテンベルクシュトラーセ 85

(72)発明者 フランケ , アクセル

ドイツ国 71254 ディツィングен , ヒルゼヴェーク 6

審査官 岡田 卓弥

(56)参考文献 特表2001-516887(JP,A)

国際公開第2009/132917(WO,A1)

特表2008-544243(JP,A)

特表2011-523036(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , DB名)

G01P15/00 - 15/18

G01R33/00 - 33/26

B81B 3/00

H01L29/84